

(19) KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

KOREAN PATENT ABSTRACTS

(11)Publication number: 100236044 B1
(43)Date of publication of application: 29.09.1999

(21)Application number: 1019970046916
(22)Date of filing: 12.09.1997

(71)Applicant: DAEWOO ELECTRONICS CO., LTD.
(72)Inventor: KANG, HAN BIT

(51)Int. Cl. H04N 7/015

(54) NTSC CARRIER REMOVING FILTER AND METHOD FOR DEMODULATION OF VESTIGIAL SIDE BAND MODULATION SIGNAL

(57) Abstract:

PURPOSE: The NTSC carrier removing filter and method for demodulation of VSB(vestigial side band) modulation signal are provided to remove only NTSC carrier signals included in a VSB signal using a notch filter to prevent the increase of VSB level, thereby simplifying a demodulator.

CONSTITUTION: The NTSC carrier removing filter comprises the first and second frequency transformers(30,34), a notch filter(32), a delayer(36), a NTSC detector(38) and a selector(39). The frequency transformers(30,34) shift an input VSB signal by predetermined values. The notch filter(32) filters the VSB signal shifted by the transformer(30) to remove the signal components existed in the NTSC carriers. The delayer(36) delays the VSB signal input for the control of an output timing. The NTSC detector(38) detects the presence of the NTSC carriers. The selector(39) selects the output signal of the transformer(34) or the output signal of the delayer(36) in accordance with the presence of the NTSC carriers.

COPYRIGHT 2001 KIPO

Legal Status

Date of final disposal of an application (19990629)

Patent registration number (1002360440000)

Date of registration (19990929)

·록 1999-025385

Committee) 신호의 간섭을 제거하기 위한 VSB 신호의 복조를 위한 NTSC 반송파 제거 필터 및 그 방법에 관한 것이다.

일반적으로 고화질 고품질의 방송을 위해 개발되는 디지털 지상파 방송 시스템에 있어서, 현행 아날로그 TV 방송에 사용되고 있는 VHF, UHF 대역을 사용하여 현재 사용하지 않는 빈 채널을 사용하여 디지털 지상파 TV 신호를 전송하는 동시 방송 방식에서는 동일 채널간의 간섭이 문제가 되는 바 디지털 지상파 신호를 수신할 때에는 기존 아날로그 신호를 제거해 주어야만 한다.

동시 방송 방식으로 제안된 미국의 ATV는(Advanced Television) 현행 NTSC 방식과 양립성을 가지면서 NTSC의 방송에 방해할 끼치지 않는 방식으로 동일한 내용을 방송하도록 하는 것이다.

고화질 디지털 텔레비전은 주사선 수를 기존의 2배이상으로 하고 종횡비를 16:9로 확대하여 고화질 고품질을 추구하기 때문에 데이터량이 방대하므로, 변조방식으로는 주로 직교진폭변조(이하 QAM 라함, quadrature amplitude modulation) 또는 잔류측파대 변조 방식(이하 VSB 라함, vestigial side band) 등이 제안되어 적용되고 있다. 이러한 변조 방식을 채택하는 이유는 부호화된 후 발생된 많은 데이터들 기준의 NTSC 전송채널의 6MHz 대역을 통해 전송하려면 멀티레벨 변조방식을 사용해야 하기 때문이다.

따라서, NTSC, QAM, VSB 신호를 모두 사용하는 디지털 지상파 방송 시스템에서 디지털 변조된 VSB 신호를 제대로 복조하기 위해서는 동일 채널 속에 NTSC 신호가 섞여 있을 경우에는 NTSC 신호를 제거한 후 VSB 복조를 수행할 수 있도록 해야 한다.

도 1은 일반적인 NTSC 제거 필터에 대한 블록도로서, ATV 표준에서 제시한 NTSC 제거 필터이다.

도 1을 참조하면, 수신된 VSB 신호중 동위상 1채널 신호를 입력받는 제 1 NTSC 제거 필터(10)와 데이터 펄드 동기 신호를 입력받는 제 2 NTSC 제거 필터(11)를 포함하여 구성되어 있고, 상기 제 1, 2 NTSC 제거 필터(10, 11)는 일종의 comb 필터로서, 12심률 지연 레지스터(10-1, 11-1)와 감산기(10-2, 11-2)로 구성되어 있으며, 현재 입력신호로부터 12심률 지연된 신호를 감산하여 출력한다. 그리고, NTSC 제거 필터(10, 11)의 전후에서는 데이터 펄드 동기 신호와 수신된 입력 신호간의 차이에 대한 평균제곱오차값이 감산기(12, 15), 제곱기(13, 16), 적분기(14, 17)를 통해 구해진다. 최소값 검출부(18)는 NTSC 제거 필터 전의 평균값(E1)과 NTSC 제거 필터 후의 평균값(E2)을 비교하여 NTSC간섭 제거 필터의 사용유무를 알리는 제어 신호를 제공한다. 멀티플렉서(19)는 최소값 검출부(18)의 제어신호에 따라 수신된 입력 신호(11) 혹은 NTSC 제거 필터를 거친 NTSC 간섭이 제거된 신호(12)중 어느 하나를 택입하여 출력한다.

이렇게 NTSC 제거 필터의 사용유무를 판단하는 이유는 수신 VSB신호에 NTSC 간섭 신호가 존재할 경우에는 필터의 사용으로 NTSC의 간섭에 대해 상당히 좋은 결과를 얻지만, NTSC 신호의 간섭이 존재하지 않는 경우에는 오히려 성능의 저하를 가져올 수 있으므로 이 필터를 사용하지 않도록 하기 위함이다.

특히, 상기 NTSC 간섭 필터는 동일 채널의 NTSC 신호로부터의 간섭의 대부분은 가장 강한 세기를 갖는 NTSC 신호의 반송파성분에 의한 것이기 때문에, 이 반송파성분에 널(null)이 오도록 설계되었다.

도 2는 NTSC 반송파와 NTSC 제거 필터와의 관계를 보여주는 주파수 스펙트럼 도면이다.

도 2의 (a)는 NTSC 신호의 반송파 성분으로, NTSC 신호는 가장 낮은 밴드 모서리를 0MHz로 했을 때 1.25 MHz에 영상 반송파(V), 3.58MHz에 색상 반송파(C), 4.5MHz에 음성 반송파(A)를 각각 가지고 있다.

도 2의 (b)는 NTSC 제거 필터의 주파수 특성이다. NTSC 제거 필터는 NTSC 수평 스퀴스도(1H)를 기본으로 하는 심볼 속도(f_{sym})를 만들어 12등분을 하는 주파수에 널(null)이 만들어 지는데, 즉, $f_{sym} = 684f_H$, $f_{null} = 684/12 = 57f_H$ 가 되도록 만들어진 필터는 6MHz의 채널에서 7개의 널 영역이 존재한다.

따라서, (a)와 (b)를 비교하면, 영상 반송파(V)는 2번째 널 영역에서, 색상 반송파(C)는 6번째 널 영역에서, 그리고 음성 반송파(A)는 7번째 널 영역에서 제거된다.

그러나, NTSC 제거 필터를 통과한 신호는 필터의 전달함수 특성상 입력 레벨이 증가되는 데, 예를 들어 VSB등의 멀티레벨변조신호에서 4레벨은 7레벨로, 8레벨에서 15레벨로 증가된다. 따라서, VSB 신호의 레벨 증가로 인해 다음 단의 복조기 구성이 복잡해지는 문제점이 있었다.

본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

이에, 본 발명은 상기와 같은 문제점을 제거하기 위해 안출된 것으로서, 수신된 VSB 신호에 존재하는 NTSC신호의 반송파 위치를 노치 필터의 널이 존재하는 위치와 일치시켜 NTSC 반송파만을 제거한 후 다시 원래 주파수로 복구시켜 주므로써 레벨 증가를 일으키지 않는 VSB 신호의 복조를 위한 NTSC 반송파 제거 필터 및 그 방법을 제공하는 데 그 목적이 있다.

상기와 같은 본 발명의 목적을 달성하기 위한 장치는 VSB신호에서 동일채널에 존재하는 NTSC 반송파를 제거하는 필터에 있어서, 입력된 VSB 신호를 $-\omega_c$ 주파수만큼 이동시키는 제 1 주파수 변환기와; $-\omega_c$ 주파수 이동된 VSB 신호를 입력받아 NTSC 반송파 위치에 존재한 신호 성분을 제거하는 노치 필터; 상기 노치 필터의 출력 신호를 $+\omega_c$ 주파수 이동시켜 원래 주파수대역으로 복구하는 제 2 주파수 변환기; 입력된 VSB 신호를 일정기간 동안 지연시켜 출력하는 지연부; $-\omega_c$ 주파수 이동된 VSB 신호를 입력받아 푸리에 변환하여, 그 푸리에 변환된 성분 중에서 NTSC 반송파가 존재할 것으로 예상되는 주파수 성분과 $(-f_{sym}/2)$, f_{sym} 은 VSB 심볼 속도) 다른 주파수 성분($F(k)$, k 는 $-f_{sym}/2$ 이외의 값)에 대한 차를 구하여 NTSC 반송파가 존재하는 지를 검출하는 NTSC 검출부; 상기 NTSC 검출부의 검출 신호에 따라 만일 NTSC 반송파가 존재한다면 상기 제 2 주파수 변환기의 출력 신호를 선택하고, 만일 NTSC 반송파가 존재하지 않는다면 상기 지연부의 출력 신호를 선택하여 출력하는 선택부를 포함하여 구성된다.

상기와 같은 본 발명의 목적을 달성하기 위한 방법은 VSB신호에서 동일채널에 존재하는 NTSC 반송파를 제거하는 데 있어서, 입력된 VSB 신호를 주파수 이동시켜 NTSC 반송파의 위치와 노치 필터의 널이 존재하는

특 1999-025335

위치로 이동시키는 단계와; 주파수 이동된 VSB 신호를 푸리에 변환하여 푸리에 변환된 성분 중에서 NTSC 반송파가 존재할 것으로 예상되는 주파수 $-f_{sc}/2$ 상의 성분과 다른 주파수 위치상의 성분에 대한 차를 구하고, 그 차에 대한 평균값을 구하는 단계; 상기 평균값을 기설정된 임계값과 비교하여 NTSC 반송파가 존재하는지를 검출하는 단계; 만일 NTSC 반송파가 존재한다면 주파수 이동된 VSB 신호를 노치 필터링시켜 NTSC 반송파를 제거한 후 원래 주파수로 복귀하여 출력하는 한편, 만일 NTSC 반송파가 존재하지 않는다면 입력된 VSB 신호를 그대로 출력하는 단계를 포함하여 구성된다.

상기와 같이 구성된 본 발명은 VSB 신호에 포함된 NTSC 반송파 신호만을 노치 필터링하여 제거함으로써, 영상의 comb 필터와 같이 레벨이 증가되는 문제가 해소될 수 있다. 또한, 고속 푸리에 변환 및 가산 등의 간단한 연산을 수행하여 NTSC 반송파 신호의 존재 여부를 판단하여 NTSC 신호가 존재할 때만 NTSC 신호를 제거할 수 있다.

본 발명의 구성 및 작용

이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명을 자세히 설명하기로 한다.

도 3은 본 발명에 따른 NTSC 제거 필터에 대한 블록도이다.

본 발명의 NTSC 제거 필터는 입력된 VSB 신호를 $-\omega_c$ 주파수만큼 이동시키는 제 1 주파수 변환기(30)와, $-\omega_c$ 주파수 이동된 VSB 신호를 입력받아 NTSC 반송파 위치에 존재하고 있는 신호 성분만을 제거하는 노치 필터(32), 상기 노치 필터(32)의 출력 신호를 $+\omega_c$ 주파수 이동시켜 원래 주파수대역으로 복귀하는 제 2 주파수 변환기(34), 입력된 VSB 신호를 일정한 시간 동안 지연시켜 출력하는 지연부(36), $-\omega_c$ 주파수 이동된 VSB 신호를 푸리에 변환하여 주파수 0 위치의 신호(F(0))와 NTSC 반송파가 존재할 것으로 예상되는 주파수 위치에서의 신호에(F($-f_{sc}/2$), f_{sc} 는 샘플 속도) 대한 차를 구하여 NTSC 반송파가 존재하는지를 검출하는 NTSC 검출부(38), 및 상기 NTSC 검출부(38)의 검출 신호에 따라 만일 NTSC 반송파가 존재한다면 상기 제 2 주파수 변환기(34)의 출력 신호를 선택하고, 만일 NTSC 반송파가 존재하지 않는다면 상기 지연부(36)의 출력 신호를 선택하여 출력하는 2-1 멀티플렉서(39)로 구성되어 있다.

그리고, 상기 NTSC 검출부(38)는 $-\omega_c$ 주파수 이동된 VSB 신호를 푸리에 변환하는 4-포인트 FFT(38-1)와, 푸리에 변환된 신호중 F($-f_{sc}/2$) 성분과 F(0)성분의 차를 구하는 감산기(38-2), 일정한 윈도우 기간동안 상기 감산기(38-2)의 차를 가산하여 평균값을 구하는 적분기(38-3), 상기 적분기(38-3)의 평균값과 기설정된 임계값을 비교하여 NTSC 반송파가 존재하는지를 검출하는 비교기(38-4)로 구성되어 있다.

이어서, 상기와 같이 구성된 본 발명의 작용을 바람직한 실시예를 통해 자세히 설명하기로 한다.

입력된 VSB 신호에 존재하는 NTSC 반송파의 위치는 이미 알고 있으므로, 노치 필터의 널 위치와 NTSC 반송파 위치를 일치시켜 노치 필터링 하면 NTSC 반송파를 제거할 수 있을 것이다. NTSC 반송파에는 영상 반송파, 색부 반송파, 음성 반송파에 대한 3개의 반송파가 존재한다. 그 중에서 전력이 가장 큰 것은 영상 반송파이며 색부 반송파나 음성 반송파는 상대적으로 작은 전력을 가진다. 실험에 의해 가장 큰 전력을 갖는 영상 반송파만을 제거하는 것만으로도 만족할 만한 성능을 보였으며, 본 실시예에서는 NTSC 반송파중 영상 반송파를 종점적으로 제거하는 필터를 설계한다.

제 1 주파수 변환기(30)는 입력된 VSB 신호를 $-\omega_c$ 만큼 이동시키는 데, 여기서 $-\omega_c$ 는 입력 VSB 신호에 존재하는 NTSC의 영상 반송파의 위치가 상기 노치 필터(32)의 널(null) 위치와 일치될 수 있도록 설정된 값이다.

노치 필터(32)는 VSB 신호의 파일럿신호와 주파수상에서 왼쪽에 존재하는 경우 노치 필터의 전달함수는

$$H(z) = \frac{(z+j)^N}{z^N}$$

와 같이 $z=j$ 에서 제로를 갖도록 설계되고 여기서, N은 제로의 수를 나타낸다. 이 노치 필터(32)에 의해 만들어지는 널(null)은 $-f_{sc}/2$ 의 위치에서 만들어진다. 여기서, f_{sc} 은 입력 신호의 심볼 주파수이다. 따라서, VSB 입력 신호는 제 1 주파수 변환기(30)에 의해 음의 방향으로 $-\omega_c$ 만큼 이동하여 NTSC 영상 반송파의 위치와 일치된 후, 노치 필터(32)에 의해 NTSC의 영상 반송파 신호 성분은 제거된다.

제 2 주파수 변환기(34)는 노치 필터(32)에 의해 NTSC 영상 반송파가 제거된 VSB 신호를 다시 양의 방향으로 $+\omega_c$ 만큼 이동하여 원래 주파수 대역으로 복귀시킨다.

한편, NTSC 검출부(38)는 VSB 신호에 NTSC의 영상 반송파가 존재하는지를 판단하기 위한 것으로 4-포인트 FFT 변환을 사용하게 된다.

VSB 신호가 심볼 대역내에서는 전 대역이 평탄하다는 원리를 이용하고, 상기 제 1 주파수 변환기(30)를 통해 $-f_{sc}/2$ 의 위치에 큰 전력을 갖는 NTSC 영상 반송파가 위치할 수 있도록 입력 신호의 주파수를 이동시켰다는 점을 이용하면, 주파수 상에서 $-f_{sc}/2$ 위치의 신호와 다른 주파수 위치의 신호와의 차이를 이용하면 NTSC 영상 반송파의 존재 여부를 판단할 수 있다. 즉, 전체 푸리에 변환 성분중에서 오직 두 성분만 유효하기 때문에 N-포인트 FFT를 수행하는 경우에 있어서 곱셈인자가 0,1,-1로만 구성되는 4-포인트

목 1999-025335

FFT를 이용하면 된다.

4-포인트 FFT 변환기(38-1)는 곱셈을 위한 인자가 0.1, -1뿐이므로 간단한 덧셈과 뺄셈만으로 FFT 연산을 수행할 수 있고 따라서, 하드웨어 구조를 간단히 하는 장점이 있다. 4-포인트 FFT 변환된 성분은 $-f_{\text{vss}}/2$, 0, $f_{\text{vss}}/2$ 위치의 신호 성분만을 출력한다. 감산기(38-2)는 4-포인트 FFT 변환기(38-1)의 변환 성분 중 $F(-f_{\text{vss}}/2)$ 와 다른 한 성분과의 차이를 구하는 데, 예를 들어 $F(0)$ 에서 $F(-f_{\text{vss}}/2)$ 를 뺄셈연산하여 차이값을 구한다. 적분기(38-3)는 일정한 윈도우 기간동안 상기 감산기(38-2)로부터 출력된 차이값을 누적하여 평균값을 구한다. 비교기(38-4)는 상기 평균값과 기설정된 임계값(Threshold)을 비교하여 상기 평균값이 임계값보다 작을 경우에만 NTSC 반송파가 VSB 신호에 포함되어 있음을 알리는 검출 신호를 출력한다.

2-1 멀티플렉서(39)는 상기 NTSC 검출부(38)의 검출 신호에 따라 만일 NTSC 반송파가 존재한다면 상기 제 2 주파수 변환기(34)의 출력 신호를 선택하고, 만일 NTSC 반송파가 존재하지 않는다면 입력된 VSB 신호를 그대로 출력한다. 이때 입력된 VSB 신호는 출력 타이밍을 맞추기 위해 지연부(36)를 통해 소정의 기간동안 지연되어 상기 2-1멀티플렉서(39)로 입력된다.

요약하면, 본 발명은 VSB 신호를 NTSC 반송파의 위치와 노치 필터의 널이 존재하는 위치로 주파수 이동시켜 4-포인트 푸리에 변환하여 주파수 0에서의 신호와 NTSC 영상 반송파가 존재하는 주파수 $-f_{\text{vss}}/2$ 위치 신호에 대한 차이를 구하여 NTSC 반송파가 존재하는 지를 검출하여 NTSC 제거 필터링 여부를 결정하고, 그 결과에 따라 만일 NTSC 반송파가 존재한다면 주파수 이동된 VSB 신호를 노치 필터링시켜 $-f_{\text{vss}}/2$ 위치에 존재하는 NTSC 반송파를 제거한 후 원래 주파수로 복구해준다. 만일 NTSC 반송파가 존재하지 않는다면 입력된 VSB 신호를 그대로 출력한다.

본 실시예는 NTSC의 영상 반송파만을 제거하도록 구현하였으나, 나머지 색부반송파나 음성 반송파에 대해서도 동일한 방법을 적용하여 당업자들은 수정할 수 있을 것이다.

발명의 효과

상기와 같이 구성된 본 발명은 VSB신호에 포함된 NTSC 반송파 신호만을 노치 필터링하여 제거함으로써 종전의 comb 필터링 처리로 인해 VSB 레벨이 증가되는 문제점을 해소하여 복조기의 구조를 단순화 시키는 효과가 있다. 또한, NTSC 신호의 존재 여부를 판단을 위해서 가감산연산을 수행하는 4-포인트 고속 푸리에 변환을 수행함으로써 간단한 하드웨어 구조로 제작될 수 있다.

(5) 청구의 범위

청구항 1

디지털 지상파 방송 수신 시스템을 위한 VSB 신호에서 동일채널에 존재하는 NTSC 반송파를 제거하는 데 있어서,

입력된 VSB 신호를 $-\omega$ 주파수만큼($-\omega$ 는 제거하고자 하는 NTSC 반송파의 위치를 필터의 널 위치와 일치하도록 결정된 값.) 이동시키는 제 1 주파수 변환기(30)와;

상기 제 1 주파수 변환기(30)로부터 제공된 $-\omega$ 주파수 이동된 VSB 신호를 노치 필터링하여 NTSC 반송파 위치에 존재한 신호 성분을 제거하는 노치 필터(32);

상기 노치 필터(32)의 출력 신호를 $+\omega$ 주파수 이동시켜 원래 주파수대역으로 복구하는 제 2 주파수 변환기(34);

출력 타이밍을 조절하기 위해 입력된 VSB 신호를 일정한 기간 동안 지연시켜 출력하는 지연부(36);

상기 제 1 주파수 변환기(30)로부터 제공된 $-\omega$ 주파수 이동된 VSB 신호를 푸리에 변환하여, 그 푸리에 변환된 성분 중에서 NTSC 반송파가 존재할 것으로 예상되는 주파수 성분과($F(-f_{\text{vss}}/2)$, f_{vss} 는 VSB 심볼 속도) 다른 주파수 성분과($F(k)$, k 는 $-f_{\text{vss}}/2$ 이외의 값) 대한 차를 구하여 NTSC 반송파가 존재하는 지를 검출하는 NTSC 검출부(38);

상기 NTSC 검출부(38)의 검출 신호에 따라 만일 NTSC 반송파가 존재한다면 상기 제 2 주파수 변환기(34)의 출력 신호를 선택하고, 만일 NTSC 반송파가 존재하지 않는다면 상기 지연부(36)의 출력 신호를 선택하여 출력하는 선택부(39)를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 잔류측파대 신호의 복조를 위한 NTSC 반송파 제거 필터.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 NTSC 검출부(38)는 $-\omega$ 주파수 이동된 VSB 신호를 푸리에 변환하는 N-포인트 FFT(38-1)와;

상기 N-포인트 FFT(38-1)의 출력성분 중 주파수 성분과($F(-f_{\text{vss}}/2)$, f_{vss} 는 VSB 심볼 속도) 다른 주파수 성분과($F(k)$, k 는 $-f_{\text{vss}}/2$ 이외의 값) 대한 차를 구하는 감산기(38-2);

일정한 윈도우 기간동안 상기 감산기(38-2)의 차를 가산하여 평균값을 구하는 적분기(38-3);

상기 적분기(38-3)의 평균값과 기설정된 임계값을 비교하여 NTSC 반송파가 존재하는 지를 검출하는 비교기(38-4)를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 잔류측파대 신호의 복조를 위한 NTSC 반송파 제거 필터.

1999-025335

청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 N-포인트 FFT(38-1)는 4-포인트 FFT 변환하며 그 변환성분 중 $F(0)$ 성분과 $F(-f_{cs}/2)$ 성분을 이용하여 $F(0)$ 성분으로부터 $F(-f_{cs}/2)$ 성분을 상기 감산기(38-2)를 통하여 뺄셈하여 두 성분의 차를 구하는 것을 특징으로 하는 간류측파대 신호의 복조를 위한 NTSC 반송파 제거 필터.

청구항 4

디지털 지상파 방송 수신 시스템을 위한 VSB 신호에서 동일채널에 존재하는 NTSC 반송파를 제거하는 방법에 있어서,

입력된 VSB 신호를 주파수 이동시켜 NTSC 반송파의 위치와 노치 필터의 널이 존재하는 위치로 이동시키는 단계와;

주파수 이동된 VSB 신호를 푸리에 변환하여, 그 푸리에 변환된 성분 중에서 NTSC 반송파가 존재할 것으로 예상되는 주파수 $-f_{cs}/2$ 상의 성분과 다른 주파수 위치상의 성분에 대한 차를 구하고, 그 차에 대한 평균 값을 구하는 단계;

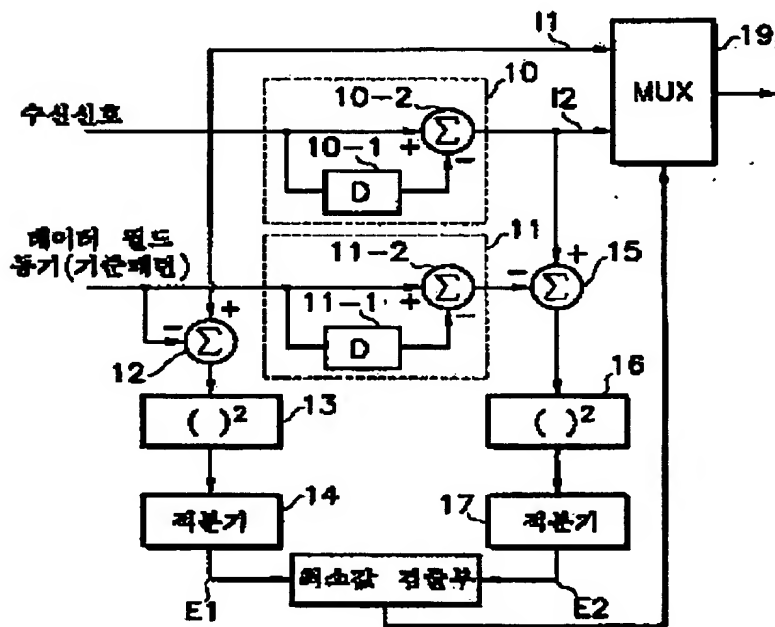
상기 평균값을 기설정된 임계값과 비교하여 NTSC 반송파가 존재하는 지를 검출하는 단계;

NTSC 반송파 존재시 주파수 이동된 VSB 신호를 노치 필터링시켜 NTSC 반송파를 제거한 후 원래 주파수로 복귀하여 출력하는 단계; 및

NTSC 반송파 존재하지 않을시 입력된 VSB 신호를 그대로 출력하는 단계를 포함하여 구성되는 간류측파대 신호의 복조시 NTSC 반송파 제거 방법.

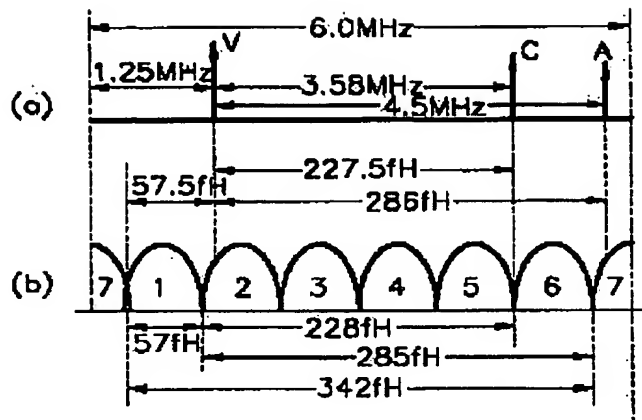
도면

도면1



1999-025335

5B2



1999-025335

도면3

